

пучка ток, потребляемый индуктором, становится по форме всё ближе к прямоугольной.

Для более точного определения формы импульса ускоряющего напряжения в секции и тока через индукторы и для выработки окончательных требований к источнику питания ЛИУ данную модель целесообразно дополнить паразитными параметрами (индуктивностями рассеяния, паразитными емкостями в первичном и во вторичном контурах ЛИУ и т. д.).

Список литературы: 1. *Карась В.И.* Исследования линейного индукционного ускорителя зарядово-компенсированных ионных пучков для инерциального УТС / *В.И. Карась, В.И. Голота, В.А. Кияшко и др.* // Проблемы теоретической физики.- Киев.- 1991.- С. 165-180. 2. *Гурин А.Г.* Элементы секции сильноточного линейного индукционного ускорителя зарядово-компенсированных ионных пучков с повышенными энергетическими характеристиками / *А.Г. Гурин, Е.А. Корнилов, Р.С. Ложкин* // Problems of atomic science and technology.- 2010.- № 3.- Series: Nuclear Physics Investigations (54).- С. 61-66. 3. *Пирогов А.И.* Магнитные сердечники в автоматике и вычислительной технике / *А.И. Пирогов, Ю.М. Шамаев.*- М.: «Энергия», 1967. 4. *Матора И.М.* Теория формирования импульса неоднородной формирующей линией на произвольной нагрузке / *И.М. Матора, В.А. Савин* // Радиотехника и электроника. – 1976. – т. XXI. – вып. 9. - С. 1878-1886. 5. *Кияшко В.А.* Формирование импульса тока и напряжения в линейных индукционных ускорителях / *В.А. Кияшко, Е.А. Корнилов, Ю.Е. Коляда* // Вопросы атомной науки и техники.- Харьков, ХФТИ АН УССР.- 1980.- Серия: Техника физического эксперимента.- Вып. 1(5).- С. 90-93. 6. *Самарский А.А.* Численные методы: Учеб. пособие для вузов / *А.А. Самарский, А.В. Гулин.* – М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989.– 432с.

Поступила в редколлегию 30.09.2011

УДК 621.316

А. А. МИРОШНИК, канд. техн. наук; доц., ХНТУСГ, Харьков

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПРОБЛЕМЫ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СЕЛЬСКИХ СЕТЯХ

Проаналізовано питання енергозбереження та покращення якості електричної енергії в сільських мережах, зокрема проблема зниження несиметрії та несинусоїдальності струмів та напруг.

Проанализированы вопросы энергосбережения и улучшения качества электроэнергии в сельских сетях, в частности проблема снижения несимметрии и несинусоидальности токов и напряжений.

Analyzed by energy conservation and improve the quality of electricity in rural networks, in particular the problem of reducing the asymmetry and nonsinusoidality currents and voltages.

Постановка проблемы. На современном этапе развития отечественной энергетики достаточно остро стоит вопрос перехода к энергосберегающим технологиям в сельскохозяйственном производстве, что обусловлено возрастающим электропотреблением и снижением качества электрической энергии развивающихся сельскохозяйственных потребителей.

Анализ последних исследований и публикаций. В соответствии с постановлением Кабинета Министров Украины от 05.02.97 №148 «Про комплексну державну програму енергозбереження України» и произошедшими в Украине изменениями экономических отношений возникла необходимость изменения подхода к энергопроизводству и энергопотреблению. На сегодняшний день энергосбережение является главным направлением энергетической политики Украины в новых экономических условиях.

Минимизация экономических затрат при электроснабжении сельского хозяйства - большая комплексная задача. С ней тесно связаны задачи повышения качества электроэнергии и надежности электроснабжения. При этом важное место занимают мероприятия по снижению потерь электроэнергии и рациональному её использованию.

Цель и задачи исследования. Детально проанализировать проблему повышения качества электрической энергии в сельских сетях.

Основной материал исследований. Электрическая энергия, поставляемая энергоснабжающими организациями потребителям по договорам, выступает как товар особого вида, характеризующийся совпадением во времени процессов производства, транспортирования и потребления, а также невозможностью его хранения и возврата. Соответственно, как к товару любого вида, к электроэнергии применимо

понятие «качество» [1]. Отклонение показателей качества электроэнергии от установленных стандартами ухудшают условия эксплуатации электроустановок как сети так и потребителей.

Показатели качества электроэнергии (ПКЭ) регламентируемые ГОСТ 13109-97 [2] могут быть условно разделены на три группы:

- к первой группе можно отнести отклонения частоты и отклонения напряжения, которые связаны с особенностями технологического процесса производства и передачи электроэнергии;

- ко второй группе можно отнести ПКЭ, характеризующие несинусоидальность формы кривой напряжения, несимметрию и колебания напряжения;

- к третьей группе можно отнести ПКЭ, характеризующие случайные электромагнитные явления и электротехнические процессы, неразрывно связанные с технологическим процессом производства, передачи и потребления электроэнергии.

Источниками искажений, относящимися ко второй группе, являются главным образом электроприемники (ЭП). Для обеспечения электромагнитной совместимости этих электроприемников с сетью необходимы соответствующие технические мероприятия как на этапе разработки и производства, так и в процессе эксплуатации.

К показателям ПКЭ третьей группы относятся провалы напряжения, перенапряжения и импульсы напряжения, которые возникают в системе электроснабжения в большинстве случаев в результате коммутаций электрооборудования или разрядов молнии на линию электропередачи.

Показатели качества электроэнергии первых двух групп нормируются ГОСТ 13109-97, и на них установлены два допустимых уровня: нормальный и предельный. ПКЭ третьей группы не нормируются, однако статистическая информация о них имеет большое значение для нормальной эксплуатации электроэнергетической системы.

Ниже приведены показатели качества электроэнергии, которые нормируются ГОСТ 13109-97:

- установившееся отклонение напряжения δU_y ;
- размах изменения напряжения δU_t ;
- доза фликера P_f ;
- коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения K_U ;
- коэффициент n-ой гармонической составляющей напряжения $K_{U(n)}$;
- коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности K_{2U} ;

- коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности K_{0U} ;

- отклонение частоты Δf ;

- длительность провала напряжения Δt_n ;

- импульсное напряжение $U_{\text{дт}}$;

- коэффициент временного перенапряжения $K_{\text{впд}}$;

При определении значений некоторых ПКЭ стандартом вводятся следующие вспомогательные параметры электрической энергии:

- интервал между изменениями напряжения $\Delta t_{i,i+1}$;

- глубина провала напряжения δU_n ;

- частота появления провалов напряжения F_f ;

- длительность импульса по уровню 0,5 его амплитуды $\Delta t_{\text{дт } 0,5}$;

- длительность временного перенапряжения $\Delta t_{\text{впд}}$.

Для оценки соответствия ПКЭ указанным нормам (за исключением длительности провала напряжения, импульсного напряжения и коэффициента временного перенапряжения) стандартом устанавливается минимальный расчетный период, равный 24 ч.

В связи со случайным характером изменения электрических нагрузок требование соблюдения норм качества электроэнергии (КЭ) в течение всего этого времени практически нереально, поэтому в стандарте устанавливается вероятность превышения норм КЭ. Измеренные ПКЭ не должны выходить за нормально допустимые значения с вероятностью 0,95 за установленный стандартом расчетный период времени (это означает, что можно не считаться с отдельными превышениями нормируемых значений, если ожидаемая общая их продолжительность составит менее 5% за установленный период времени).

Другими словами, КЭ по измеренному показателю соответствует требованиям стандарта, если суммарная продолжительность времени выхода за нормально допустимые значения составляет не более 5% от установленного периода времени, т.е. 1 ч 12 мин, а за предельно допустимые значения – 0 % от этого периода времени.

Рекомендуемая общая продолжительность измерений ПКЭ должна выбираться с учетом обязательного включения рабочих и выходных дней и составляет 7 суток.

Одними из основных и наиболее важных режимных параметров, определяющих качество электроэнергии, являются несимметрия и несинусоидальность напряжений и токов в трехфазных сетях, которые приводят к дополнительным отклонениям напряжения на зажимах потребителей, увеличению потерь, ухудшению условий работы электрооборудования и т. д. [3]

При этом необходимо исходить из того, что электрификация базируется на трех совершенно неразрывных самостоятельных процессах: производство, передача и потребление энергии. Ни один из этих процессов не может быть реализован без двух других. Поэтому вопросы соответствия показателей качества электроэнергии установленным нормам практически в равной степени затрагивают интересы и производителя и покупателя (потребителя) электроэнергии.

Понятие качества электрической энергии отличается от понятия качества других видов продукции. Каждый электроприемник предназначен для работы при определенных параметрах электрической энергии: номинальных частоте, напряжении, токе и т.п., поэтому для нормальной его работы должно быть обеспечено требуемое КЭ. Таким образом, качество электрической энергии определяется совокупностью ее характеристик, при которых электроприемники (ЭП) могут нормально работать и выполнять заложенные в них функции.

Качество электрической энергии в месте производства не гарантирует ее качества на месте потребления, поскольку до и после включения ЭП в точке его присоединения к электрической сети оно может быть различно.

КЭ тесно связано с надежностью электроснабжения, поскольку нормальным режимом электроснабжения потребителей является такой режим, при котором потребители получают электроэнергию бесперебойно, в количестве, заранее согласованном с энергоснабжающей организацией, и нормированного качества.

В промышленности качество электрической энергии оценивается по технико-экономическим показателям, учитывающим ущерб вследствие порчи материалов и оборудования, расстройства технологического процесса, ухудшения качества выпускаемой продукции, снижения производительности труда - так называемый технологический ущерб. Кроме того, существует и ущерб от некачественной электроэнергии, который характеризуется увеличением потерь электроэнергии, выходом из строя электротехнического оборудования, нарушением работы автоматики, телемеханики, связи, электронной техники и т.д.

Механизм управления качеством электроснабжения имеет свои специфические особенности [4]. Характер потребления электроэнергии в каждый момент времени является величиной вероятностной, поэтому энергоснабжающая организация оперирует, чаще всего, показателями потребности предыдущих временных периодов или ее математическим ожиданием. В роли плановых показателей качества выступают не разработанные в энергоснабжающей организации стандарты, а установленные на государственном уровне нормативные показатели, выполнение которых является обязательным для всех энергопредприятий, независимо от их мощности и территориального расположения.

Принципиальной особенностью проблемы повышения качества электроснабжения является ее межотраслевой характер. Качество электроснабжения у потребителя обеспечивается путем воздействия на параметры режима системы электроснабжения производителя и взаимосвязанной работой многих предприятий различных отраслей. Поэтому сравнение плановых и фактических показателей качества электроснабжения и разработка мероприятий по повышению качества являются обязанностью не только энергоснабжающей организации, но и потребителя в рамках требований, установленных Правилами пользования электроэнергией и прочими инструктивными материалами.

Поэтому анализ проблемы качества электрической энергии показывает, что необходима разработка новых методов, моделей, программных и технических средств, а также возникает необходимость переходить на более энергосберегающую систему электроснабжения, в которой отсутствовали бы несимметричные режимы, а потери электроэнергии были бы на порядок ниже.

Выводы. Таким образом, решение задач энергосбережения и улучшения качества электрической энергии в сельских сетях тесно связано с решением проблемы снижения несимметрии и несинусоидальности токов и напряжений в этих сетях. Поэтому актуальным и своевременным является рассмотрение вопросов, связанных с разработкой методов и технических средств по борьбе с некачественной электрической энергией.

Список литературы: 1 Управление качеством продукции. Справочник. - М.: Издательство стандартов, 1985.- 464 с. 2. ГОСТ 13109-97. Норми якості електричної енергії в системах електропостачання загального призначення. 3. Наумов И. В. Снижение потерь и повышение качества электрической энергии в сельских распределительных сетях 0,38 кВ с помощью симметрирующих устройств / И. В. Наумов // Дисс. докт. тех. наук, 05.20.02 – Иркутск, 2002. – 387 с. 4. Горюнов И. Т. Проблемы обеспечения качества электрической энергии / И. Т. Горюнов, В. С. Мозгалёв, В. А. Богданов // Электрические станции. – 2001. – № 1. – с. 16-20.

Поступила в редколлегию 30.10.2011